

МИНЕРАЛЫ ЗЕЛЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КОРЕЙСКОГО ПРОЛИВА

Ю.Д. Марков*, А.В. Можеровский*, А.Н. Деркачев*, Н.Н. Баринов**

*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

**Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

По линии профиля в широкой части Корейского пролива впервые изучены распределение и минеральный состав слоистых силикатов зеленых глинистых образований. Установлено, что минеральный состав обломков глинистых пород, комочков, слепков раковин фораминифер и псевдоморфоз по фауне однороден и представлен в основном диоктаэдрическим смектитом типа тетракремнийнонтронита, и в меньшей мере - неупорядоченными смешаннослойными образованиями типа смектит-гидрослюда. Такой же минеральный состав имеют слепки раковин фораминифер в Южно-Китайском и Восточно-Китайском морях. Следовательно, возможен единый механизм седиментационно-диагенетического формирования тетракремнийнонтронита на шельфе и материковом склоне окраинных морей северо-западной части Тихого океана.

Ключевые слова: глинистые образования, слоистые силикаты, Корейский пролив.

ВВЕДЕНИЕ

Зеленые глинистые образования (обломки пород, комочки, глобулы, слепки полостей раковин фораминифер) часто встречаются в осадках шельфа и материкового склона окраинных морей и океанов. Считается, что они являются индикаторами морских условий осадконакопления и чутко реагируют на изменения среды (окислительно-восстановительный потенциал и рН раствора) в процессе диагенетических преобразований осадочного материала.

Наши исследования на шельфе и материковом склоне Южно-Китайского и Восточно-Китайского морей показали, что зеленые глинистые образования имеют различный минеральный состав и генезис [6, 7]. Зеленые обломки пород представляют собой реликты осадочной толщи, разрушаемой как на суше, так и на материковом склоне, имеют поликомпонентный состав и представлены триоктаэдрическим хлоритом, вермикулитом, гидрослюдой и смектитом. Генезис обломков терригенный. Слепки полостей раковин образуются на поверхности осадка путем заполнения полых раковин тонким глинистым материалом и аморфными окислами и дальнейшим их диагенетическим преобразованием. Генезис слепков осадочно-диагенетический. Основными минералами, слагающими слепки, являются смектит типа тетракремнийнонтронита и смешаннослойные образования типа смектит – гидрослюда.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Корейский пролив интересен тем, что через него в Японское море из Восточно-Китайского теплыми водами Цусимского течения приносится в виде взвеси основная часть (в среднем 18,3 млн т в год) аллохтонного осадочного материала [8]. На долю глинистых минералов (часть из которых представлена слоистыми силикатами), остатков фораминифер, диатомей и радиолярий приходится до 25–50% от общего количества [12]. Большая скорость однонаправленного потока Цусимского течения (до 0.6 м/с), захватывающего весь пролив до дна, создает в нем специфические условия седиментации. Пролив, в котором формируются зеленые глинистые образования, служит связующим звеном между морями, в которых установлены эти образования. В Восточно-Китайском море они широко развиты на шельфе и материковом склоне и имеют терригенное и осадочно-диагенетическое происхождение [7]. В Японском море эти образования широко распространены на подводных вулканических постройках и считаются гидротермальными [4]. На шельфе Японских островов они установлены в терригенных осадках и упоминаются как аутигенные глауконитовые зерна [9]. В нашу задачу входит выяснение минерального состава и генезиса зеленых глинистых образований. Они изучены в осадках расширенной части Корейского пролива, по профилю, где отмечается их максимальное скопление (рис. 1).

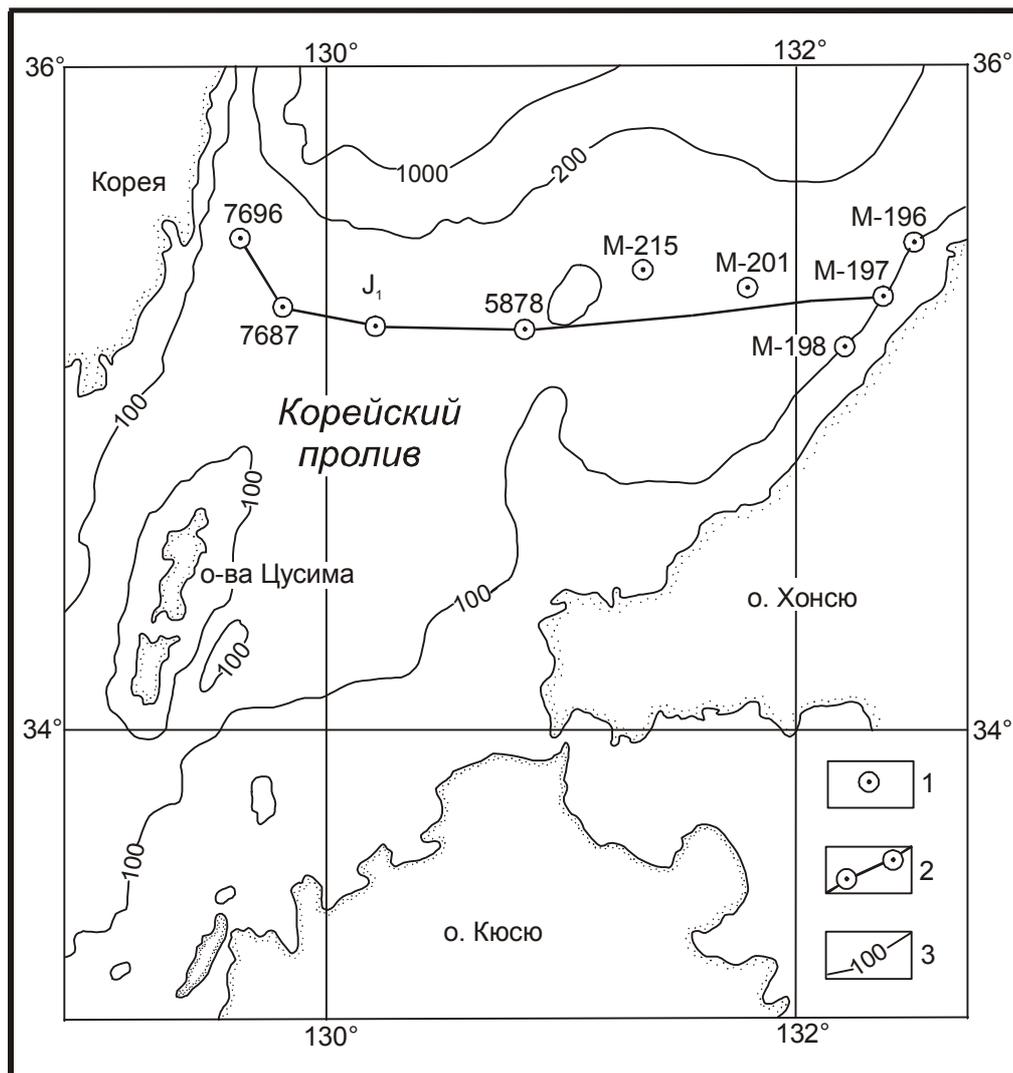


Рис 1. Упрощенная схематическая карта Корейского пролива: 1 – станция и ее номер, 2 – линия профиля, 3 – изобаты в метрах.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ И РЕЛЬЕФ ДНА КОРЕЙСКОГО ПРОЛИВА

В настоящее время Корейский пролив имеет плоское ровное дно (глубина 100–120 м) (рис. 1) и только в Западном секторе, в его средней части, прослеживается узкая котловина глубиной более 200 м. По мнению японских исследователей [1], пролив представляет собой продолжение шельфа.

Палеогеографические реконструкции Японского моря свидетельствуют, что в позднем плейстоцене Корейский пролив уже существовал [14]. Доставка материала (включая и зеленые глинистые образования) с шельфа Восточно-Китайского моря в широкую часть пролива и на шельф Японского моря могла осуществляться только в климатические оптимумы, когда шельфы обоих морей уже находились в субаквальных условиях. Это происходило в ресс-

вюрме (100–120 тыс. лет назад), среднем вюрме (23–50 тыс. лет) и в голоцене. Размах колебаний уровня моря достигал ± 80 м от современного [5]. Когда пролив мелел, происходил размыв осадков. При повышении уровня моря в широкой части пролива накапливались осадки и формировались зеленые глинистые образования.

В последующее время в позднем вюрме в климатический минимум, когда уровень моря понизился до уровня на 100–120 м ниже современного и шельфы обоих морей оказались осушенными, пролив стал очень узким. Вынос терригенного материала из Восточно-Китайского моря в Японское море через пролив прекратился [14]. По данным японских исследователей, пролив в это время вообще отсутствовал, и на его месте между полуостровом Корея и Японскими островами существовал перешеек. Этот

перешеек, по их мнению, в максимально низкое стояние уровня моря (поздний вюрм) был разрушен эрозивной деятельностью реки. Весьма незначительный по ширине пролив, соединяющий два моря, в последующее время был расширен и углублен приливовоотливными течениями [1]. На следующем этапе, в голоценовый оптимум, с началом повышения уровня моря Корейский пролив постепенно приобрел современные очертания. Цусимским течением начался размыв и вынос части осадков из внешней части шельфа Восточно-Китайского моря в Японское море.

ОСАДКИ КОРЕЙСКОГО ПРОЛИВА

В наиболее узкой (внутренней) и мелководной его части между островами Кюсю и Цусима отмечается наибольшая подвижность вод. Здесь развиты преимущественно крупнозернистые и среднезернистые пески с большой примесью материала гравийной размерности. На приподнятых участках (банках) распространены ракушечные отложения, а в южной части пролива – осадки с обломками отмерших кораллов. Вдоль островов Цусима, Ики и других до глубин 80 м прослеживаются выходы коренных пород и гравийно-галечные отложения. Для осадков узкой части пролива характерно низкое содержание алевритового и пелитового материала (менее 10%). Грубозернистый материал почти нацело представлен обломками организмов с известковым скелетом: ракушечным детритом и целыми створками раковин моллюсков; псаммитовый – бентосными и планктонными фораминиферами. В незначительных количествах присутствуют и терригенные минералы – кварц и полевые шпаты. В виде единичных зерен встречаются и интересующие нас зеленые и зеленовато-коричневые глинистые образования, именуемые ранее глауконитами [9]. Столь низкое содержание глинистых образований в осадках узкой части пролива, по-видимому, можно объяснить высокими скоростями течений и их эродирующим воздействием на дно. Они не позволяют осесть современному тонкому глинистому материалу и выносимым из Восточно-Китайского моря глинистым образованиям. Пески здесь слабоизвестковистые (CaCO_3 в них около 49%), реже известковистые (CaCO_3 от 49 до 90%). Генетически близки им и мелкозернистые пески [9].

Во внешней, широкой части пролива, в том числе и по линии описываемого профиля (рис. 1), увеличивается живое сечение пролива, и скорость течения уменьшается. Создаются благоприятные условия для осаждения тонкого материала. Наибольшим распространением здесь пользуются алевриты пелитовые. Они отмечаются у п-ва Корея и, локально, в восточной части пролива. Смешанные осадки (миктиты алевритовые и псаммитовые) узкой полосой

оконтуривают область распространения алевритовых осадков, постепенно переходя в пески алевритовые и пески псаммитовые. На выходе из пролива, на бровке шельфа и в верхней части материкового склона Японского моря, вновь появляются песчаные отложения. По вещественному составу они относятся к слабоизвестковистым (CaCO_3 в них от 14.8 до 30.4%) с повышенным содержанием зеленых глинистых образований. Вдоль побережья юго-западной части о-ва Хонсю количество зеленых образований возрастает до 10% и более (станции М-196–М-198). Вмещающие их осадки были отнесены к глауконитовым [9].

Современные отложения пролива распространены до глубины 70 м. На больших глубинах они реликтовые, с обломками и целыми раковинами, характерными для плейстоцена [13]. На позднплейстоценовый и раннеголоценовый возраст реликтовых осадков указывают и данные абсолютного возраста – 9800–15740 лет [10].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Осадки отбирались дночерпателем «Океан» и прямоочной трубкой. Из одной части пробы изготавливались шлифы и просматривались под микроскопом. Из другой выделялась электромагнитная подфракция и под бинокляром отбирались одинаковые по цвету зеленые зерна, слепки полостей раковин фораминифер, обломки глинистых пород и комочки, зеленые и черные глобулы. Их минеральный состав определялся на дифрактометре «Дрон-2.0». Ориентированные образцы снимались в воздушно-сухом состоянии, насыщенные этиленгликолем и прокаленные при 550 °С в течение 3-х часов. Кроме того, использовался метод просвечивающей электронной микроскопии и микродифракции электронов (электронный микроскоп «JEM-7A», ускоряющее напряжение 80 kV). Электронограммы «косых текстур» получались на малоугловом высокоразрешающем электронографе «ЭМП-100М», при ускоряющем напряжении 75 kV. Угол наклона столика составлял около 55°. Образцы для электронной микроскопии готовились из суспензий, обработанных на ультразвуковом диспергаторе «УЗДН-2Т». В качестве внутреннего стандарта для определения межплоскостных расстояний использовался Al, напыленный непосредственно на пленку-подложку из коллодия. Морфологические особенности зеленых глинистых образований, приклеенных на липкую ленту и напыленных золотом в вакуумной установке «ВУП-4К» при давлении $1-2 \cdot 10^{-4}$ мм ртутного столба, исследовались на сканирующем электронном микроскопе «JSM-U3». Химический анализ проводился по стандартной методике. Расчет кристаллохимических формул минералов проводился на основании химического

анализа, по зарядам (на 22 аниона), кислородным методом [2].

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, МОРФОЛОГИЯ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Литологическое описание

По линии профиля (рис. 1) глинистые образования в осадках пролива представлены: комочками, образованными за счет слипания глинистых частиц, обломками глинистых пород, обломками разрушенных слепков раковин фораминифер, копролитоподобными агрегатами (пеллетами), слепками полостей раковин фораминифер, псевдоморфозами по фауне (мшанкам, кораллам, моллюскам). Все эти образования отличаются друг от друга оттенками зеленого цвета различной густоты, степенью окатанности, структурой поверхности и формой зерен. Поверхность их, как правило, разбита серией трещин, возникающих при разбухании слоистых силикатов. Размер зерен от 0.1 до 1 мм (преобладают разности 0.2–0.4 мм). Наибольшее распространение в осадках получили комочки, образованные за счет слипания глинистых частиц, и обломки глинистых пород. Слепки полостей раковин и псевдоморфозы по фауне встречаются в незначительных количествах, а пеллеты – в виде единичных зерен.

В начале профиля в осевой части Западного прохода Корейского пролива (ст. 7696) в поверхностном слое преобладают глинистые комочки, но уже на глубине 0,5 м они уступают место глинистым обломкам.

Комочки, образованные за счет слипания глинистых частиц, представлены зелеными и светло-зелеными разностями лепешковидной, неправильной формы, с волосовидными, извилистыми трещинами. Трещины открытые, полые. В некоторых из них встречаются мелкие обломки карбонатных раковин и чешуйки слюды. Лепешковидная форма и гляцевидная поверхность комочков указывают на их образование *in situ*. При перемещении они бы имели шероховатую поверхность и дробились бы на более мелкие обломки.

Обломки глинистых пород (ст. 7696) преобладают в интервале 56–69 см. Они темно-зеленого цвета, округлой формы, хорошо окатанные, с трещинами, заполненными светло-зеленым глинистым материалом. По-видимому, они древнее комочков и, вероятно, принесены в эту часть пролива Цусимским течением с внешней части шельфа Восточно-Китайского моря или попали в осадки шельфа Японского моря иным путем.

Далее по профилю, на станции J₁, зеленые глинистые обломки представлены: а) разрушенными слепками, б) комочками, образованными за счет сли-

пания тонкой взвеси, в) обломками глинистых пород, принесенными Цусимским течением. Первые имеют на своей поверхности отпечатки раковин, вторые характеризуются лепешковидной и неправильной формой, третьи – зеленого или темно-зеленого цвета, хорошо окатанные, с трещинами, заполненными светло-зеленым глинистым материалом. На глубине 4 м от поверхности дна преобладает третий тип зерен – собственно обломки (хорошо окатанные) глинистых пород. Они подобны таковым ст. 7696. Увеличение их количества, вероятно, связано с изменением палеообстановки (понижением уровня моря в начале климатического минимума). Происходило обмеление пролива, увеличивались скорости течения и транспортировки осадков. В это время меняется и облик зеленых глинистых зерен. В их составе преобладают хорошо окатанные разности, принесенные из Восточно-Китайского моря.

Такие же глинистые обломки пород и хорошо окатанные зерна округлой формы темно-зеленого и желтовато-зеленого цветов распространены на глубине около 2 м от поверхности дна в верхней части материкового склона Японского моря (глубина 180 м).

Примерно в средней части пролива, где отмечаются отдельные поднятия, на ст. 5878 (рис. 1), облик зеленых глинистых образований резко меняется. Они представлены угловатыми, совершенно не окатанными и слабо окатанными (незначительно перемещенными) светло-серыми, зеленоватыми глинистыми обломками, которые образовались за счет абразии дна и размыва уплотненных зеленых глинистых осадков. Поверхность обломков неровная бугорчатая, матовая. Преобладающая часть их с неровными, извилистыми открытыми трещинами. Обломки состоят из глинистых минералов и чешуек слюды, хорошо видимых под биноклем. В некоторых глинистых обломках встречаются и фрагменты карбонатных раковин.

К северо-востоку, на ст. М-215 (рис. 1) облик глинистых обломков почти не меняется. Они не окатанные, угловатые, неправильной формы, с неровной, бугорчатой поверхностью. Вероятно, обломки образованы за счет размыва уплотненных глинистых осадков (зеленых глин).

В конце профиля вблизи острова Хонсю на ст. М-197 количество зеленых глинистых образований в осадках резко возрастает до 10% и более. Увеличение содержания зеленых обломков в терригенных осадках шельфа, по-видимому, связано с размывом так называемых “зеленых туфов”, широко распространенных на побережье [1], и выносом их в прибрежную зону. Тем более, что внешне облик зерен резко отличен от вышеописанных (ст. 5878 и М-215). Они буровато-серого цвета, хорошо окатанные, округлой и слегка вытянутой формы, очень близки по раз-

мерности (преобладают зерна 0.1-0.25 мм), по-видимому, за счет обработки их в зоне волнового воздействия.

Слепки полостей раковин фораминифер среди описываемых зеленых глинистых образований имеют подчиненное значение. В электромагнитной подфракции осадков их примерно в 2–3 раза меньше, чем зеленых обломков глинистых пород. Малое их количество, по-видимому, связано с разрушением (размельчением) слепков во время перемещения по дну.

По линии профиля на ст. 7696 (рис. 1) на поверхности дна в осадках часто встречаются фрагменты (обломки) слепков с отпечатками стенок раковин. Преобладающая часть их светло-зеленого и зеленого цветов (около 70%), другие – темно-зеленого цвета. Светло-зеленые и зеленые обломки обычно с гладкой глянцевой поверхностью, разбиты полыми трещинами неправильной формы. Часть фрагментов слепков с матовой поверхностью, по-видимому, за счет перемещения их по дну придонным течением. У темно-зеленых слепков трещины часто заполнены глинистым материалом. Они, вероятно, древнее светло-зеленых слепков и, по-видимому, принесены течением из Восточно-Китайского моря. На глубине 0.5 м от поверхности дна на этой станции темно-зеленые слепки присутствуют в единичных экземплярах.

На ст. J₁ облик слепков не меняется. Они большей частью раздроблены на фрагменты, с сохранившимися отпечатками раковин. Здесь преобладают желтовато-зеленые и зеленые слепки, очень редко встречаются темно-зеленые (около 2-3%).

В средней части пролива (ст. 5878 и М-215) и у о-ва Хонсю (ст. М-197) слепки раковин фораминифер и их фрагменты почти не сохраняются. По-видимому, глинистые осадки размываются Цусимским течением, а скорости таковы, что осадки переносятся в более спокойную часть Японского моря (Цусимскую котловину).

Псевдоморфозы (зеленые глинистые образования), развитые по мшанкам, коралловым остаткам, моллюскам, встречаются в осадках на поверхности дна по линии профиля на всех станциях вместе со слепками раковин фораминифер. Они представлены в виде хорошо окатанных, реже угловато-овальных зерен размером 0.1–0.5 мм. Зерна уплощенные, удлиненные, неправильной формы с хорошо сохранившимися структурами мшанок, кораллов, раковин моллюсков. Цвет зерен буровато-зеленый (преобладают), желтовато-зеленый. У обломков раковин моллюсков часто с одной стороны раковины цвет белый, с другой – зеленый. Псевдоморфозы, развитые по карбонатному материалу каркаса мшанок и кораллов, сохраняют пористую структуру. Они полностью замещают карбонатный материал скелета и вы-

полняют трубчатые полости. В карбонатных раковинах моллюсков они обычно развиты по внешней части раковины. Зерна псевдоморфоз по мшанкам и кораллам – без трещин, а раковин моллюсков на замещенной стороне – обычно с трещинами. Поверхность зерен глянцевая и матовая.

Рентгеноструктурный анализ

Рентгеноструктурный анализ показывает, что минералы в зеленых глинистых образованиях, вне зависимости от генезиса, морфологии и цвета, представлены диоктаэдрическим смектитом и не-

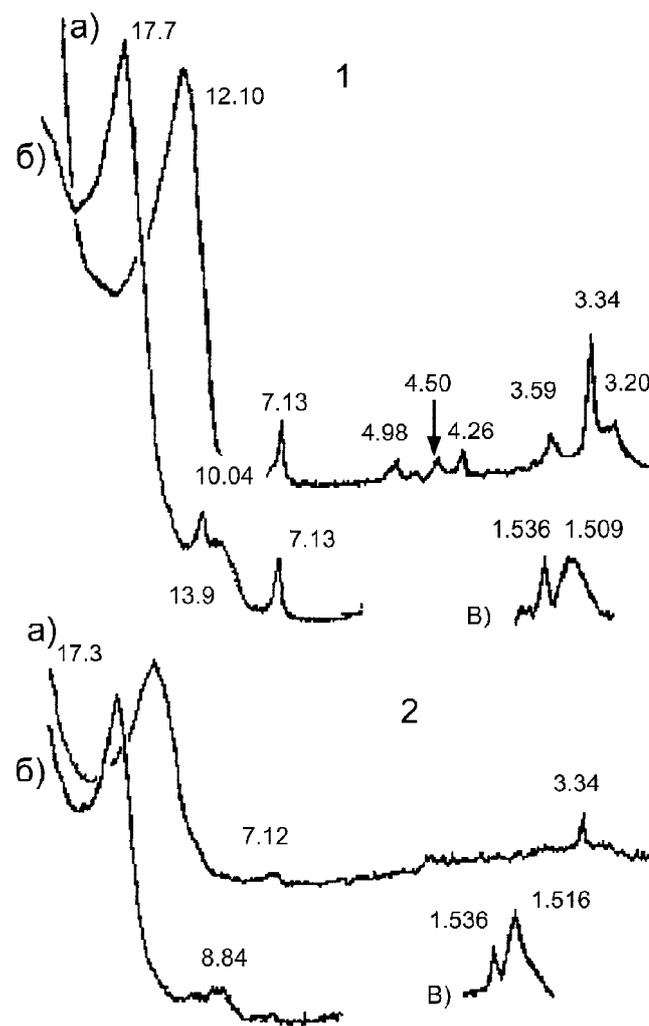


Рис 2. Рентгеновские дифрактограммы.

1 – хорошо окатанные глинистые обломки (ст. М-215), представленные диоктаэдрическим смектитом и смешаннослойными образованиями типа смектит-гидрослюда (80:20). В виде примеси отмечаются хлорит, гидрослюда, кварц и плагиоклаз. 2 – слепки раковин фораминифер (ст. 7696), имеющие аналогичный состав, но с малой долей примесных компонентов.

а) ориентированный препарат; б) насыщенный этиленгликолем; в) рефлекс 060. Отражения даны в ангстремах.

упорядоченными смешаннослойными образованиями типа смектит – гидрослюда (рис. 2). Существуют незначительные отличия в степени упорядочения смектита, соотношении переслаивающихся компонентов (смекти т– гидрослюда от 80:20 до 50:50). По содержанию терригенных примесей (гидрослюда, хлорит, кварц и плагиоклаз) можно выделить две группы. К первой группе отнесены зеленые *обломки* глинистых пород (рис. 2.1) с содержанием терригенного материала приблизительно 3–5%. Во вторую входят все остальные зеленые образования (*комочки, слепки и псевдоморфозы*), в которых примеси других минералов (кроме кальцита) практически отсутствуют (рис. 2.2).

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)

При рассмотрении в сканирующем электронном микроскопе *обломки* по форме поверхности подразделяются на две группы. К первой относятся хорошо окатанные разности (рис. 3а) с гладкой глянцевой поверхностью (ст. М-197), которая разбита трещинами синерезиса (рис. 3б). Иногда на ней заметны полости растворения (?). Во вторую группу отнесены неокатанные обломки (ст. М-215 и 5878) с резкими гранями и формой, близкой к призматической (рис. 3в).

Форма *комочков* аналогична таковой для первой группы обломков. При больших увеличениях видно, что гладкие поверхности сформированы мелкими частицами глинистого материала. В полостях и трещинках, на поверхности сколов обнаруживается биогенный материал различной степени сохранности (ст. М-215, рис. 3г). Содержание биогенного материала в комочках светло-зеленого цвета выше, чем в темно-зеленых. Часть биогенного материала относится к остаткам диатомовых водорослей, кокколитофорид и динофлагеллят. На рис. 3г показана эпитека диатомеи, предположительно *Thalassiosira oestrupii* или (*pacifica*), частично заполненная фрагментами панцирей кокколитофорид. На рис. 4а в центре видна эпитека панциря динофлагелляты, предположительно *Dinophysis sphaerica*, а на рис. 4б – кокколитофориды рода *Coccolithus pelagicus* (?). Здесь же обнаружен неокатанный обломочный материал (скорее всего, кварц), частично покрытый глинистым веществом.

Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ)

В *обломках* (наиболее типичный образец – ст. М-215) смектит доминирует, а слюда присутствует в подчиненном количестве. Смектит представлен несколькими морфологическими типами: а) облако-видным с размытыми контурами (рис. 4в); б) спутанно-чешуйчатым с изрезанными краями, прозрачны-

ми для электронов, обнаруживающий морфологические особенности внутри ограничивающего контура (рис. 4г) и в) массивными (толстыми) частицами с изрезанными краями, характерными для спутанно-чешуйчатых частиц, не прозрачных для электронов (рис. 5а).

К слюде (гидрослюде) относятся хорошо окристаллизованные частицы (ст. 5878), имеющие по части периметра резкие, выровненные границы. Обычно такие частицы представлены монокристаллами (рис. 5б). В образце ст. М-215 обнаружены единичные частицы, имеющие многочисленные перегибы и складки, аналогичные по морфологическим признакам частицам прохлорита (*prochlorite*), описанным К.М.Хеннингом (Henning) и М.Штеппом (Störr) [11] (рис. 5в).

В других образцах (М-197/1 и 5878) морфологические формы смектита и гидрослюда аналогичны вышеупомянутым. В них обнаружены круглые частицы (рис. 5г). Подобную форму имеют окислы железа и оплавленные шарики кварца. Частица пирита с близкой к квадратной формой сечения в плоскости фотографии (рис. 6), была встречена в образце ст. 5878.

Электроннография косых текстур

Электроннограммы косых текстур образцов ст. М-215, М-197/1 и 5878 характеризуются отсутствием хорошо различимых рефлексов hk_l . На первом эллипсе отсутствуют рефлексы типа $02l$, $11l$ и наблюдается только фон диффузного рассеяния. Рефлексы второго эллипса практически отсутствуют. Описанные свойства электроннограмм говорят о низкой степени (структурной упорядоченности) структурного совершенства изученного минерала. Параметр b , определенный для образцов М-215, М-197/1 и 5878, равен 9.07, 9.02, 9.09 Å, соответственно.

Химический состав

Химический состав зеленых глинистых образований оказался довольно близким. Кристаллохимические формулы (табл. 1), полученные методом пересчета на 22 аниона, также оказались близки и аналогичны приведенным ранее для слепков Южно-Восточно-Китайского морей [6, 7]. Согласно классификации, предложенной для смектитов [3], исследуемые минералы занимают промежуточное положение между Fe-Al-бейделлитами и тетракремнийнонтронитами, и их можно отнести к группе тетракремниевых нонтронитов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таким образом, исследуемые зеленые глинистые образования Корейского пролива независимо от генезиса, морфологии и цвета представлены плохо окристаллизованным диоктаэдрическим смектитом

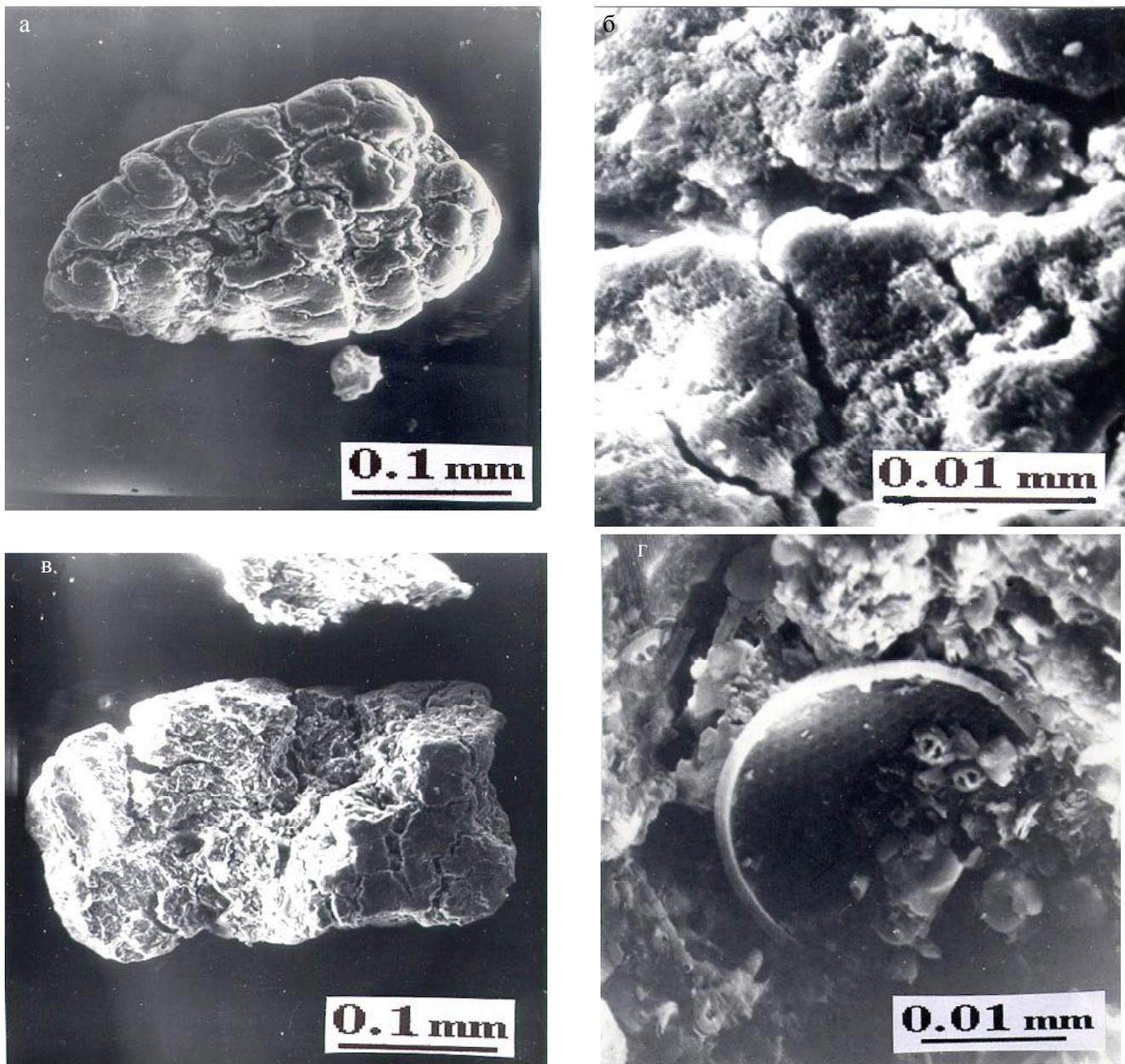


Рис. 3. Микрофотографии (сканирующий электронный микроскоп).

а – хорошо окатанные обломки, ст. М-197/1; б – их поверхность, с трещинами синерезиса и полостями растворения; в – угловатые, плохо окатанные обломки, ст. 5878; г – органические остатки в комочках, ст. М-215, эпитека раковины диатомеи, предположительно *Thalassiosira oestrupii* или (*pacifica*), частично заполненная фрагментами панцирей кокколитофорид.

типа нонтронита и разупорядоченными смешанно-слоистыми образованиями типа смектит – гидрослюда (от 80:20 до 50:50).

Обломки глинистых пород Корейского пролива по минеральному и химическому составу отличаются от таковых Восточно- и Южно-Китайского морей, хотя также имеют, вероятно, терригенную природу. На это указывает присутствие смектита различной морфологии и находка прохлорита, который

как породообразующий минерал присутствует в метаморфизованных хлоритовых сланцах, а также встречается при гидротермальных преобразованиях биотита, пироксена и амфиболов [11]. Обломки гетерогенны. Среди них можно выделить две группы. Первая группа обломков (хорошо окатанные) может быть терригенной, если она образована за счет разрушения “зеленотуфовой толщи”, распространенной на побережье. Глинистые минералы в ней могли

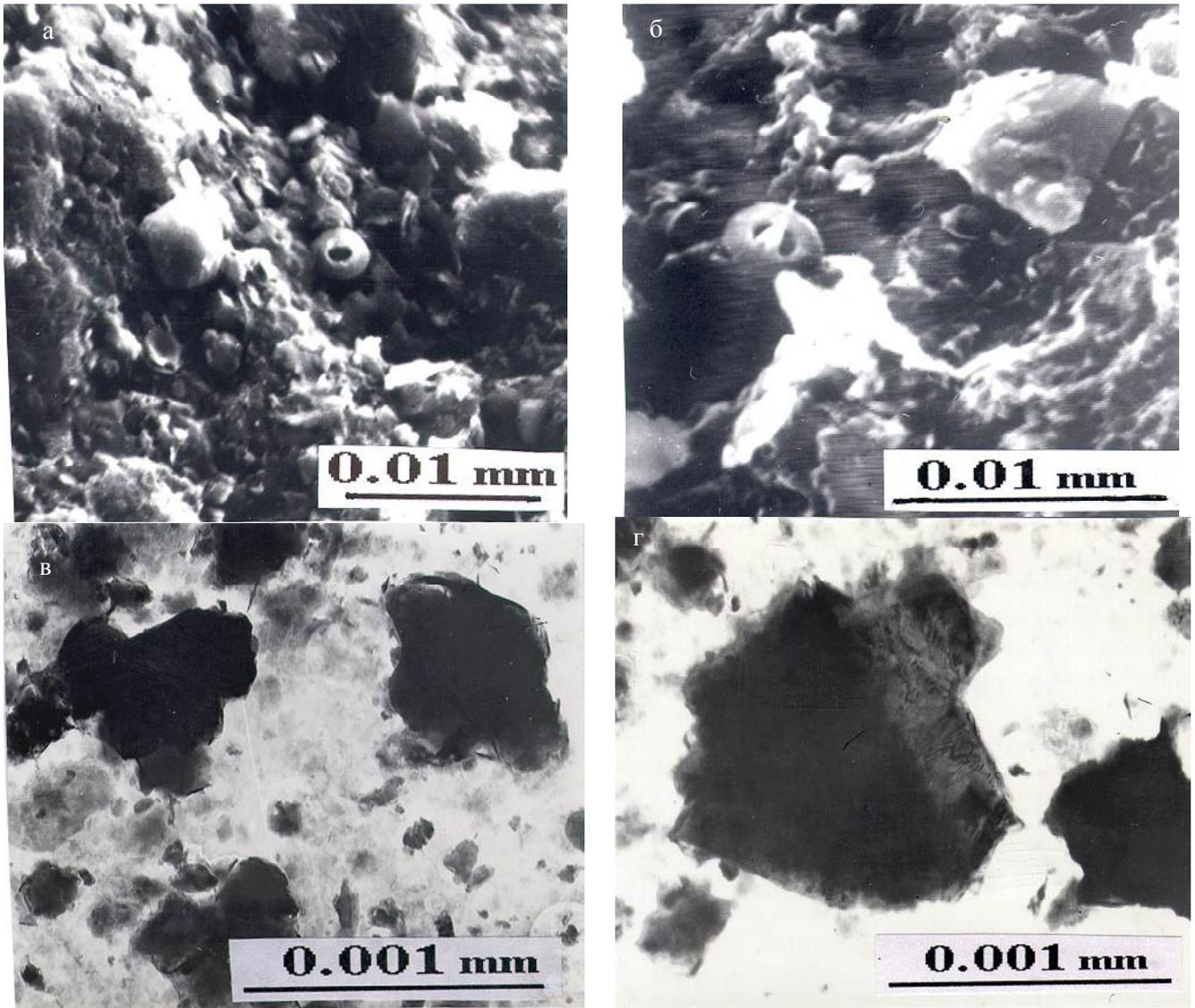


Рис. 4. Микрофотографии (а, б – сканирующий электронный микроскоп; в, г – просвечивающий электронный микроскоп).

а – ст. М-215, эпитека панциря динофлагелляты, предположительно *Dinophysis sphaerica*; б – кокколитофориды рода *Coccolithus pelagicus* (?) и неокатанный обломочный материал (скорее всего, кварц), частично покрытый глинистым веществом; в – ст. М-215, облаковидные, с четкими краями, спутанно-чешуйчатые частицы смектита, не прозрачные для электронов; г – там же, частицы с размытыми гранями, обнаруживающие морфологические особенности внутри ограничивающих их контуров.

быть низкотемпературными (100–150 °С), поскольку она подверглась эпигенетическому преобразованию. Вторая группа обломков (плохо окатанные), вероятно, была получена за счет размыва и переотложения осадочных и метаморфических пород (прохлорит) прилегающей суши.

Комочки, образованные за счет слипания глинистых частиц, очевидно, седиментационные по происхождению. Наличие в них органических остатков свидетельствует о том, что они образовались *in situ* и не были подвержены глубокому диа-

генетическому воздействию, поскольку органика почти не изменена.

Сленки раковин фораминифер по составу и генезису не отличаются от таковых Восточно- и Южно-Китайского морей [6, 7] и имеют седиментационно-диагенетическую природу.

Псевдоморфозы по фауне, как и вмещающие их осадки, реликтовые, позднплейстоценового возраста. Они могли возникнуть только после отмирания фауны и захоронения ее в слое осадков. В восстановительных условиях при недостатке кислорода и присутствии органического вещества происходила

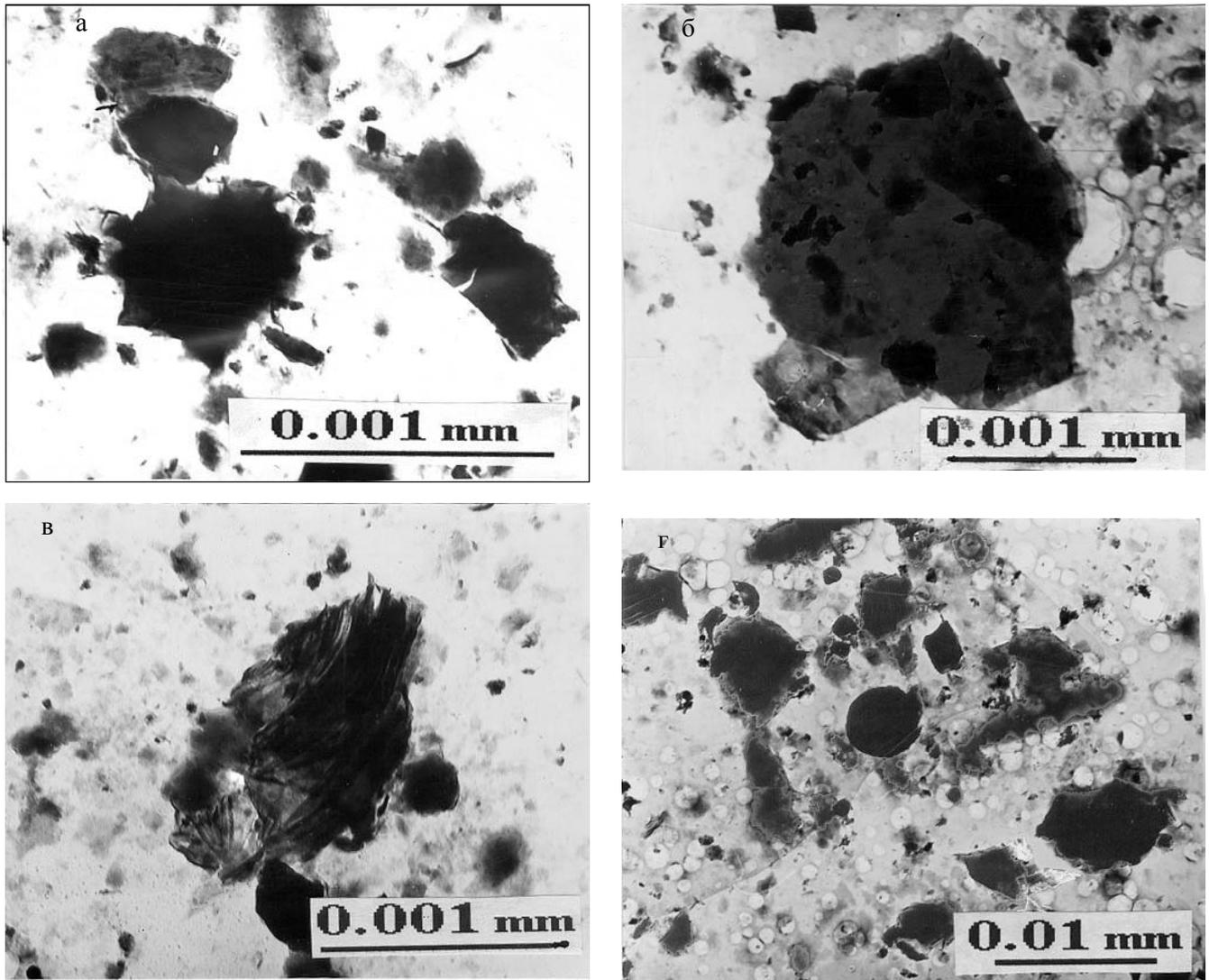


Рис. 5. Микрофотографии (просвечивающий электронный микроскоп).

а – ст. М-215, массивные, спутанно-чешуйчатые частицы смектита, не прозрачные для электронов; б – изображение хорошо окристаллизованных частиц слюды, ст. 5878; в – ст. М-215, единичные частицы прохлорита; г – ст. 5878, округлые частицы (шарики оплавленного кварца или оксиды железа?).

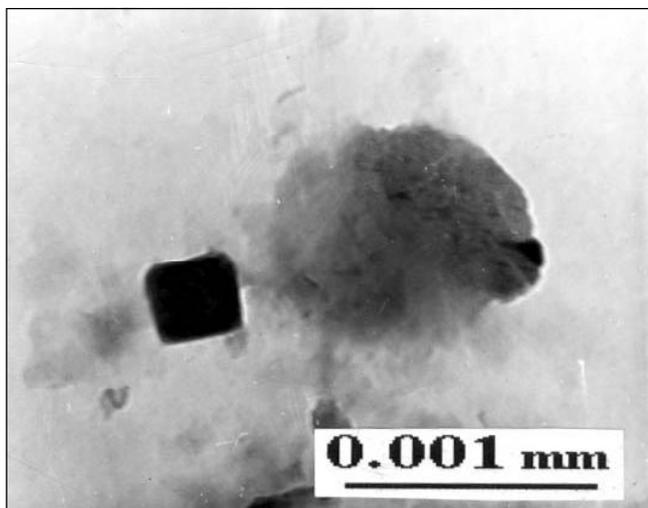


Рис. 6. Ст. 5878. Электронномикроскопическое изображение частицы пирита, с формой сечения на фотографии, близкой к квадратной.

Таблица. Результаты химического анализа обломков и их перерасчет на кристаллохимическую формулу.

Компонент	M-197/1	M-215	5878
Химический состав, мас. %			
SiO ₂	50,13	54,45	53,55
Al ₂ O ₃	6,4	8,79	7,28
Fe ₂ O ₃	19,79	17,77	17,22
TiO ₂	0,3	0,36	0,4
MnO	0,03	0,02	0,02
MgO	4,24	3,22	4,6
CaO	3,12	2,0	3,12
Na ₂ O	0,86	1,51	1,46
K ₂ O	2,03	2,67	2,24
P ₂ O ₅	0,2	0,27	0,2
H ₂ O	12,9	8,94	9,91
Перерасчет на кристаллохимическую формулу			
Si	3.77	3.86	3.84
^{IV} Al	0.23	0.14	0.16
^{VI} Al	0.35	0.59	0.46
Fe ³⁺	1.12	0.94	0.95
Mg	0.48	0.34	0.48
Ti	0.02	0.2	0.2
Mn	0.002	0.001	0.001
P	0.01	0.16	0.01
Ca	0.25	0.15	0.24
Na	0.13	0.21	0.2
K	0.2	0.24	0.21

трансформация скелетов мшанок, кораллов и частично раковин моллюсков и замещение их глинистыми минералами. В дальнейшем при перемыве и транспортировке осадков частично или полностью замещенные глинистыми минералами раковины, мшанки и кораллы дробились на обломки и окатывались, приобретая округло-овальную, уплощенную форму, с сохранившимся на поверхности структурным рисунком. *Псевдоморфозы* по фауне (мшанкам, кораллам и обломкам раковин) образовались в процессе диагенеза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В Корейском проливе, в отличие от Южно- и Восточно-Китайского морей, минеральные составы зеленых глинистых образований (*комочков, обломков пород, слепков и псевдоморфоз по фауне*) оказались близки. Они представлены диоктаэдрическим смектитом типа тетракремнийнонтронита и неупорядоченными смешаннослойными образованиями типа смектит – гидрослюда с меняющимся соотношением переслаивающихся пакетов. *Обломки* в качестве примеси (3–5%) обычно содержат терригенные минералы: кварц, плагиоклаз, гидрослюда, хлорит и др. *Слепки* раковин фораминифер и *псевдоморфозы* посторонних примесных минералов почти не содержат.

2. Такой однородный минеральный состав кажущихся на вид различных образований (*комочков, обломков пород, слепков полостей раковин и псевдоморфоз по фауне*), по-видимому, связан с одинаковыми условиями, в которых они существовали. Минералы *обломков* осадочных и метаморфических пород, вероятно, деградировали в морской среде до смектита. *Комочки*, образованные за счет агломерации частиц, и *слепки* раковин фораминифер сложены тонким пелитовым материалом. Этим материалом могли частично заполняться и полости в скелетных остатках фауны. При диагенетических изменениях, в восстановительной обстановке происходит преобразование терригенного, глинистого материала и трансформация пелитоморфного и рентгеноаморфного вещества в диоктаэдрический смектит типа тетракремнийнонтронита. Это, вероятно, осуществимо на ранней стадии диагенеза в присутствии органического материала. Следовательно, генезис *обломков* глинистых пород – терригенный, *комочков* и *слепков* седиментационно-диагенетический, *псевдоморфоз по фауне* – диагенетический.

3. По-видимому, возможен единый механизм седиментационно-диагенетического формирования тетракремнийнонтронита на шельфе и материковом склоне окраинных морей северо-западной части Тихого океана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геологическое развитие Японских островов. М: Мир, 1968. 720 с.
2. Булах А.Г. Руководство и таблицы для расчета формул минералов. М.: Недра, 1967. 143 с.
3. Дриц В.А., Коссовская А.Г. Глинистые минералы: смектиты, смешаннослойные образования. М.: Наука, 1990. 214 с.
4. Липкина М.И. Зеленые глины в осадках переходной зоны от континентов к океанам и их значение в практической и теоретической геологии // Тихоокеан. геология. 1990. № 4. С. 22–30.
5. Марков Ю.Д. Южно-Приморский шельф Японского моря в позднем плейстоцене и голоцене. Владивосток, 1983. 127 с.
6. Марков Ю.Д., Можеровский А.В., Эйберман М.Ф. Происхождение глинистых образований в осадках южновьетнамского шельфа (Южно-Китайское море) // Литология и полез. ископаемые. 1996. № 4. С. 350–358.
7. Марков Ю.Д., Можеровский А.В., Баринов Н.Н., Середина Н.А. Зеленые глинистые минералы в осадках Восточно-Китайского моря // Тихоокеан. геология. 1997. Т. 16, № 5. С. 109–115.
8. Скопинцев Б.А. Закономерности разложения (минерализации) органического вещества отмершего планктона // Вод. ресурсы. 1976. № 2. С. 150–156.
9. Структура осадков и фации Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. 287 с.
10. Emery K.O., Niino H., Sullivan B. Post-Pleistocene levels

- of the East China Sea // CCOP, Techn. Bull. 1971. V. 5. P. 384–390.
11. Henning K.H., Störr M. Electron micrographs (TEM, SEM) of clays and clay minerals. Berlin: AkademicVerlag, 1986. 343 p. (Schriftenreihe für Geologische Wissenschaften).
 12. Honjo S., Emery K.O., Yamamoto S. Non-combustible suspended matter in surface waters of Eastern Asia // Sedimentology. 1974. V. 21, N 4. P. 555–575.
 13. Inoue E., Nakao S., Kamata Y. et al. Goto-Nada Sea and Tsushima Strait investigations, northwestern Kyushu. Kawasaki, 1975. 68 p. (Geol. Surv. Japan, Cruise Report; N 2).
 14. Palaeogeographic Atlas of the Shelf Regions of Eurasia for the Mesozoic and Cenozoic Vol. 2. Maps. The Robertson Group plc, Llandudno, Gwynedd LL30 1SA United Kingdom. Geological Institute, Academy of Sciences, USSR. 1992. 110 maps.

Поступила в редакцию 27 ноября 1999 г.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

Yu.D. Markov, A.V. Mozherovsky, A.N. Derkachev, N.N. Barinov

Minerals of the green clay formations in the sediments of the Korean Strait

Distribution and mineral composition of the green clay formations have been studied for the first time along the profile line in a wide part of the Korean Strait. It has been established that mineral composition of the sedimentary rock fragments, lumps, moulds of test cavities of foraminifera, and pseudomorphism from fauna, has appeared homogeneous and is represented by dioctahedral smectite (tetrasiliceous nontronite), and at a lesser degree by mixed-layered smectite-illite. It appears that moulds of the test cavities of foraminifera in the South China and East China seas have the same mineral composition. It is concluded that tetrasiliceous nontronite on the shelf and continental slope of marginal seas in the northwestern Pacific might have a common mechanism of sedimento-diagenetic formation.